

ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ
БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

БУДІВЕЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ

ВИПУСК 78

книга 2

Міжвідомчий
науково-технічний
збірник

Науково-
технічні проблеми
сучасного
залізобетону

Збірник
наукових праць
у 2-х книгах

Київ. ДП НДІБК. 2013

УДК 624.01(082)

ББК 38.1я43

Б90

Б90 Будівельні конструкції: Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво) / Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. - Вип. 78: В 2-х кн.: Книга 2. - Київ, ДП НДІБК, 2013.

Свідectво про державну реєстрацію: серія KB № 8159

ISBN 978-617-676-030-6

ISBN 978-617-676-029-0(к.2)

В збірнику приведено результати досліджень в галузі теорії та розрахунку бетонних та залізобетонних конструкцій, процесів структуроутворення бетонів, їх властивостей, застосування суперпластифікаторів.

Розглянуто питання технології, довговічності, експлуатації та ремонту бетонних та залізобетонних конструкцій.

Призначено для наукових і інженерно-технічних працівників, аспірантів, а також працівників проектних організацій та підприємств будівельної галузі.

УДК 624.01(082)

ББК 38.1я43

Збірник наукових праць рекомендовано до опублікування науково-технічною радою Державного підприємства «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (протокол від 12.04.2013, №3).

Збірник включено до переліку наукових фахових видань, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт (Затверджено постановою президії ВАК України від 08.07.2009 р. № 1-05/3).

Редакційна колегія:

Головний редактор Кривошеєв П.І., канд. техн. наук, проф.

Бамбура А.М., д-р техн. наук
Барашиков А.Я., д-р техн. наук, проф.
Глазкова С.В., канд. техн. наук
Голишев О.Б., д-р техн. наук, проф.
Давиденко О.І., д-р техн. наук, проф.
Зоценко М.Л., д-р техн. наук, проф.
Калюх Ю.І., д-р техн. наук, проф.
Клованіч С.Ф., д-р техн. наук, проф.
Корнієнко М.В., канд. техн. наук, проф.
Крітов В.О., канд. техн. наук

Матвєєв І.В., канд. техн. наук
Немчинов Ю.І., д-р техн. наук, проф.
Сенаторов В.М., канд. техн. наук
Слюсаренко Ю.С., канд. техн. наук
Тарасюк В.Г., канд. техн. наук
Фаренюк Г.Г., д-р техн. наук
Хавкін О.К., канд. техн. наук
Шейніч Л.О., д-р техн. наук, проф.
Шокарев В.С., канд. техн. наук

Адреса редколегії: 03680, Київ, вул. Івана Клименка, 5/2, ДП НДІБК

Телефони: 249-37-01, 249-37-03, Факс: 248-89-09

e-mail: adm-inst@ndibk.kiev.ua

ISBN 978-617-676-030-6

ISBN 978-617-676-029-0(к.2)

© Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», 2013

ЗАВИСИМОСТЬ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ КЛЕЕВОЙ АНКЕРОВКИ АРМАТУРНЫХ СТЕРЖНЕЙ СЕРПОВИДНОГО ПРОФИЛЯ КЛАССА А500С ОТ ВИДА НАГРУЖЕНИЯ

Бабаев В.Н., Золотов М.С., Шишкин Э.А., Скляр В.А.,
Гарбуз А.О.

Харьковская национальная академия городского хозяйства
г. Харьков, Украина

АНОТАЦІЯ: Наводяться результати експериментальних досліджень з визначення деформативності анкерів арматурних стержнів класу А500С акриловими клеями різних складів, з урахуванням різноманітних факторів конструкції анкерного з'єднання та виду навантаження.

АННОТАЦИЯ: Приводятся результаты экспериментальных исследований по определению деформативности анкерования арматурных стержней класса А500С акриловыми клеями различных составов, с учетом различных факторов конструкции анкерного соединения и вида нагружения.

ABSTRACT: Results over of experimental researches are brought on determination of deformability of anchoring of re-barss of class of А500С by acrylic glues of different compositions, taking into account the different factors of construction of anchor connection and type of ladening are presented.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: арматурный стержень класса А500С, бетон, акриловый клей, деформации.

Современное строительное производство нуждается в новых эффективных материалах, обеспечивающих надежность соединений строительных конструкций, сокращение сроков производства работ и материальных затрат. В Харьковской национальной академии городского хозяйства в качестве такого материала разработан акриловый клей, обладающий высоки-

ми физико-механическими и технологическими свойствами для анкеровки арматурных стержней в бетон.

Исследованиям прочности и деформативности анкеровки арматурных стержней класса АIII акриловыми клеями посвящены работы Л.Н. Шутенко [1, 2], М.С. Золотова [1, 2], А.О. Гарбуз [1, 2], Фам Минь Ха [3]. В связи с использованием в строительном производстве нового сортамента арматуры в соответствии с ДСТУ 2760:2006 проведены исследования прочности и деформативности анкеровки в бетон арматурных стержней серповидного профиля В.С. Шмуклером [4], Е.М. Бабичем [5], а также с помощью акриловых клеев – Л.Н. Шутенко [6, 7], М.С. Золотовым [6, 7]. Исследованиями [6, 7] установлена глубина заделки арматурных стержней класса А500С. В зависимости от состава акрилового клея она составила $l_{анк} = 22,5d_s$ и $17,5d_s$. При этом прочность анкерного соединения определялась прочностью арматурного стержня класса А500С.

Условием удовлетворительной работы анкерного соединения при кратковременном и длительном воздействии выдергивающей нагрузки в случае заделки в бетон арматурных стержней класса А500С с помощью акриловых клеев является его прочность, малые деформации и затухающая ползучесть клеевого слоя. В связи с этим были проведены эксперименты по определению деформативности при воздействии на клеевой анкер кратковременно и длительно действующих выдергивающих усилий.

В статье приводятся результаты экспериментов по определению деформативности анкеровки арматурных стержней класса А500С в бетон акриловых клеев различных составов в случае воздействия на анкерные соединения кратковременно и длительно действующих выдергивающих усилий. В качестве образцов-анкеров использовали арматурные стержни серповидного профиля класса А500С со следующими прочностными характеристиками: предел прочности – 600 МПа; предел текучести – 500 МПа; расчетное сопротивление – 450 МПа. Диаметры арматурных стержней соответственно были равны $d_s = 20$ А500С и 25А500С.

При кратковременном действии выдергивающих усилий эксперименты проводились на специальных железобетонных образцах по схеме, представленной на рис. 1. Такая схема испытаний позволила определять смещения загруженного и незагруженного концов заделанной в бетон части арматурных стержней.

Железобетонные образцы изготавливались из бетона класса В20 и высотой соответственно глубине заделки арматурных стержней. Продольное армирование железобетонных образцов осуществлялось арматурными стержнями, исходя из предполагаемых величин разрушающих усилий анкерного соединения. Поперечное армирование осуществлялось стержнями Ø10А240 с учетом возникающих радиальных напряжений в бетоне [8].

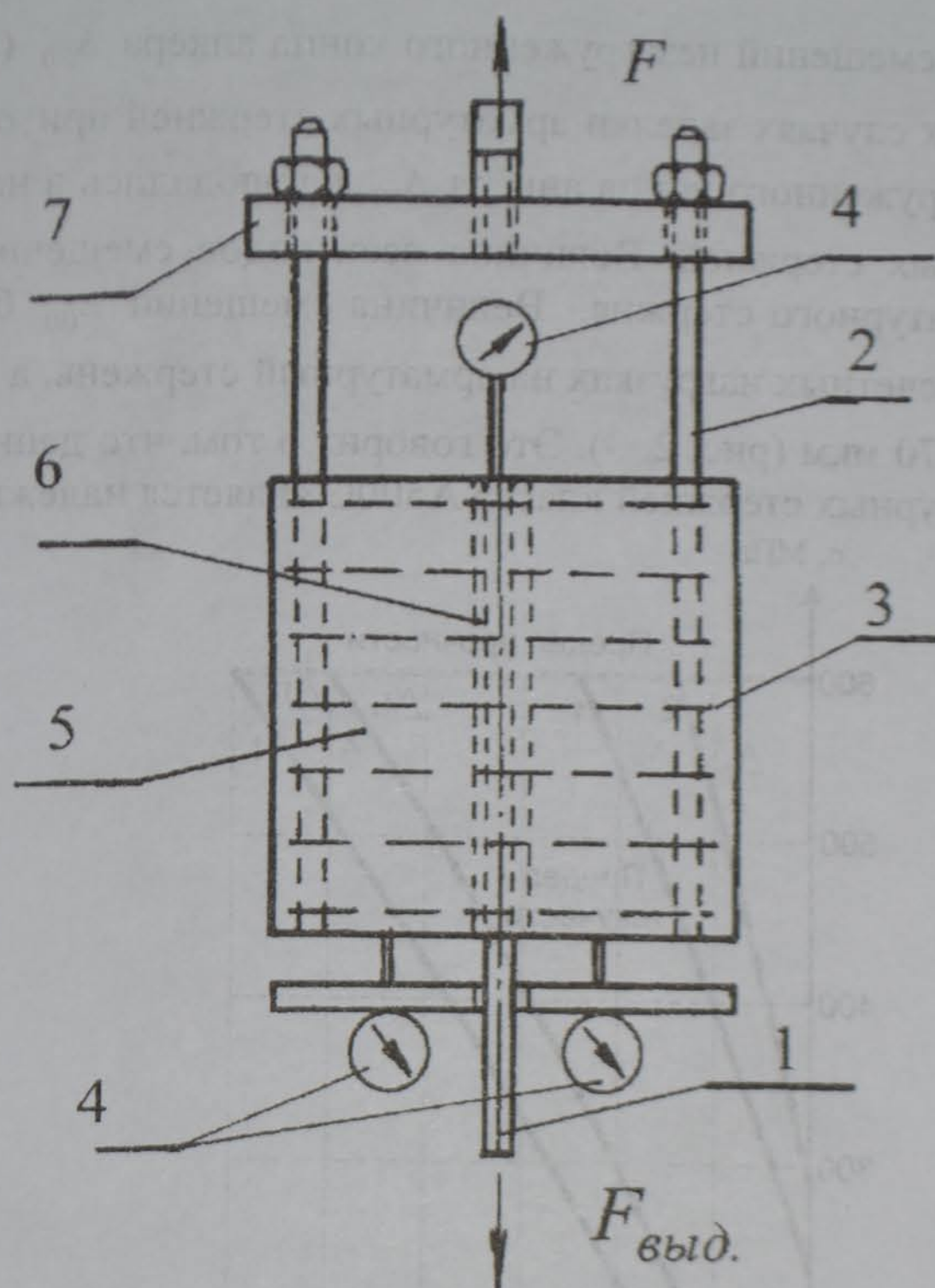


Рис. 1. Схема испытания клеевых соединений по определению смещений незагруженного и загруженного концов анкера при воздействии кратковременного выдергивающего усилия для арматурных стержней $d_s = 20A500C$ и $25A500C$; 1 — анкер; 2 — продольная арматура; 3 — поперечная арматура; 4 — часовой индикатор; 5 — железобетонная призма; 6 — клеевой слой; 7 — стальная плита

Для каждого случая поперечного армирования изготавливалось по шесть серий образцов анкерных соединений с заделкой арматурных стержней акриловым составом на глубину $l_{анк} = 17,5d_s$ и $22,5d_s$ каждой серии по три образца. Всего было изготовлено 12 образцов.

Результаты испытаний по определению деформативности клеевого анкера представлены на рис. 2 и 3.

Анализ результатов экспериментов и графиков смещений загруженного и незагруженного концов заделанной части стержней (рис. 2, 3) показал следующее.

Начало смещений незагруженного конца анкера $\Delta_{(0)}$ (рис. 2, 3) происходило во всех случаях заделки арматурных стержней при $\sigma_s \geq 261$ МПа. Смещения загруженного конца анкера $\Delta_{(l)}$ наблюдались в начале загрузки арматурных стержней. Величина всех видов смещений зависела от диаметра арматурного стержня. Величина смещений $\Delta_{(0)}$ была равна 20-70 мкм при расчетных нагрузках на арматурный стержень, а $\Delta_{(l)}$ — соответственно 100-270 мкм (рис. 2, 3). Это говорит о том, что данная клеевая анкеровка арматурных стержней класса А500С является надежной.

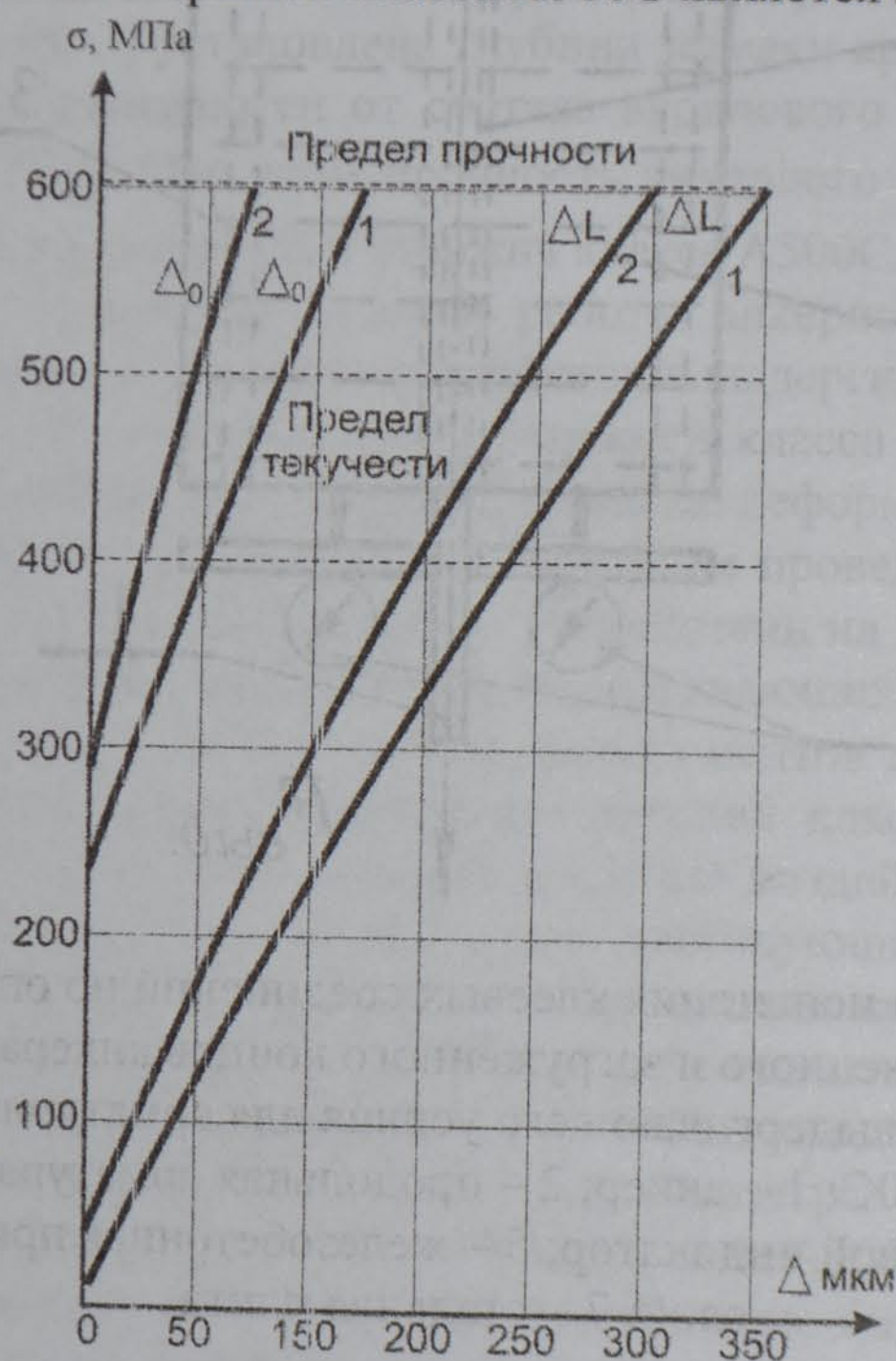


Рис. 2. Смещения незагруженного $\Delta_{(0)}$ и загруженного $\Delta_{(l)}$ концов арматурных стержней, заделанных в бетон на глубину $l_{анк} = 17,5d_s$ ($1 - d_s = 20$ А500С; $2 - d_s = 25$ А500С)

Разрушение анкерных соединений во всех случаях происходило в результате разрыва арматурного стержня с образованием конуса выкола бетона вокруг клеевой обоймы возле загруженного конца анкера. В момент разрушения анкерных соединений значения нормальных осевых растягивающих напряжений на загруженном конце анкера были равны $\sigma_s \geq 608$ МПа.

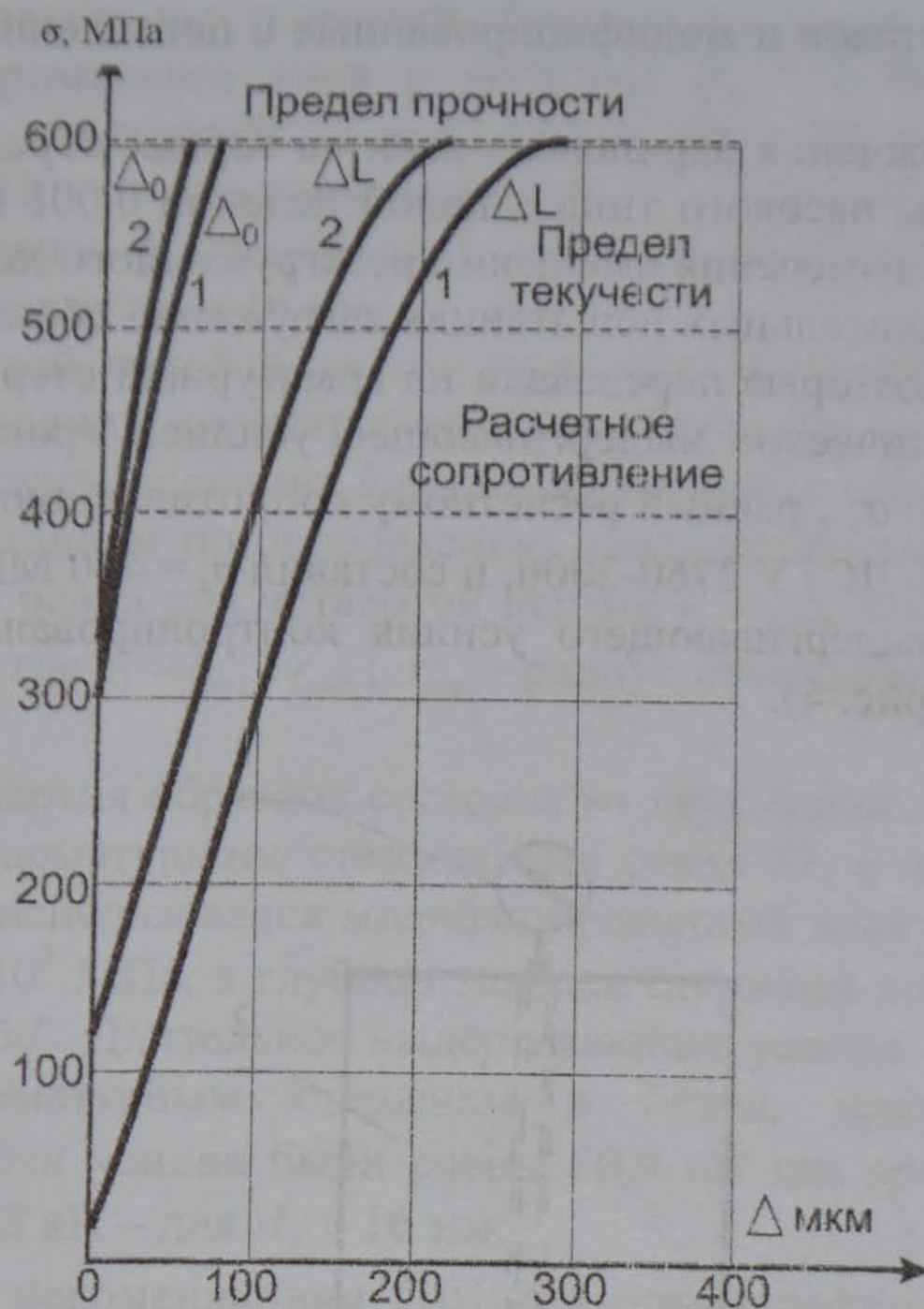


Рис. 3. Смещения незагруженного $\Delta_{(0)}$ и загруженного $\Delta_{(l)}$ концов арматурных стержней, заделанных в бетон на глубину $l_{анк} = 22,5d_s$
(1 – $d_s = 20A500C$; 2 – $d_s = 25A500C$)

Эксперименты по определению деформаций в случае воздействия на клеевой анкер длительно действующего выдергивающего усилия проводились с условием, что оно было равно расчетному для арматуры класса A500C. Эти испытания проводились по схеме, приведенной на рис. 4.

Образцы анкерных соединений на акриловых клеях изготавливались из бетона класса B20. Высота бетонных призм определялась глубиной заделки арматурного стержня. В качестве анкеров использовалась арматура серповидного профиля класса A500C диаметром 12 и 16 мм. Глубина заделки анкеров составляла соответственно при $l_{анк} = 17,5d_s = 210$ и 280 мм в случае использования модифицированных акриловых клеев и $l_{анк} = 22,5d_s = 270$ и 360 мм при использовании клеев обычных составов. На одном конце анкера нарезалась резьба соответственно M12 и M16, которая необходима для установки гаек при передаче на анкер выдергивающего усилия. Для заделки арматурных стержней применялся акриловый

клей обычных составов и модифицированные с повышенной когезионной прочностью.

После отверждения акрилового клея на торцах образцов устанавливались индикаторы часового типа с ценой деления 0,001 мм. С их помощью проводились измерения смещения незагруженного конца арматурного стержня. При длительных испытаниях загрузка образцов производилась пружинами, которые передавали на арматурный стержень постоянно действующее статическое выдергивающее усилие. Уровень загрузки образцов составил σ_s , равный расчетному сопротивлению арматуры класса А500С согласно ДСТУ 2760-2006, и составил $\sigma_s = 400$ МПа.

Величина выдергивающего усилия контролировалась с помощью тензорезисторов (рис. 4).

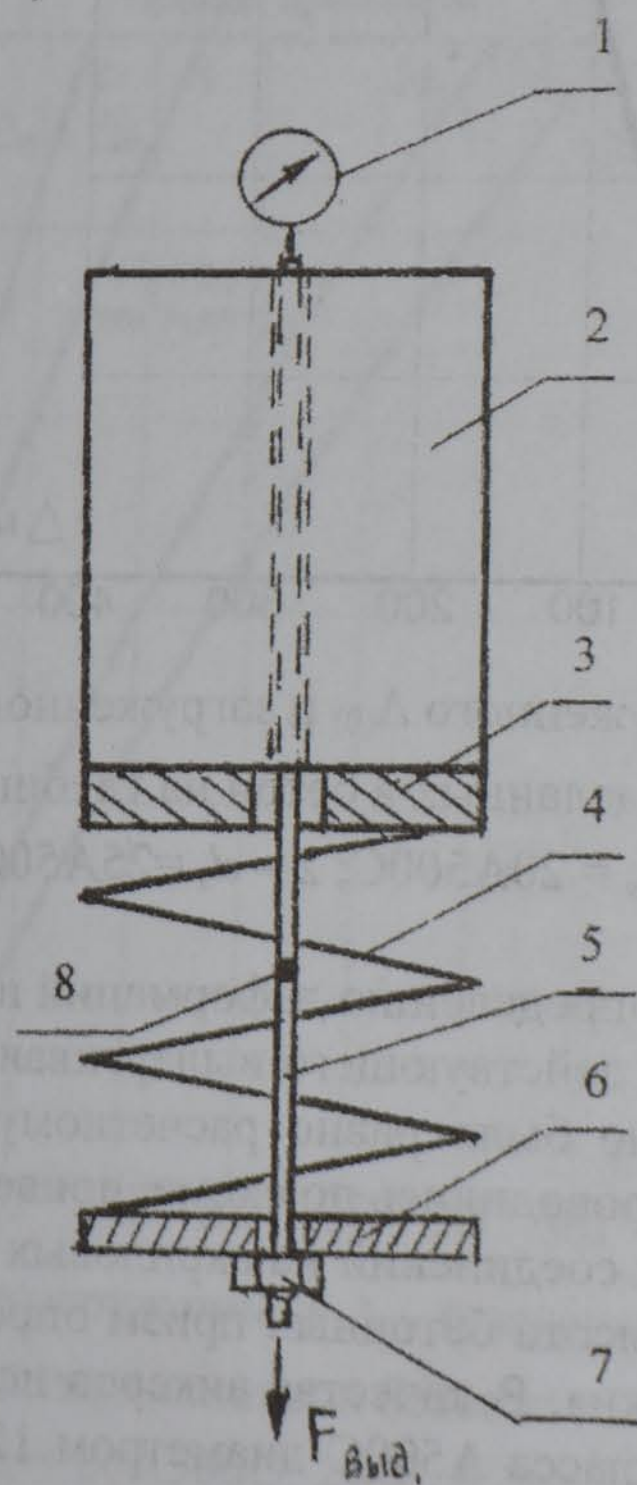


Рис. 4. Схема испытаний анкеровки по определению смещений незагруженного конца анкера при воздействии длительного статического нагружения: 1 – индикатор часового типа; 2 – бетонная призма; 3 – металлическая прокладка; 4 – силовая пружина; 5 – анкер; 6 – опорный диск; 7 – фиксирующая гайка; 8 – тензорезистор

Испытывались шесть партий образцов анкерных соединений. В первой партии применялся клей с модулем $E_k = 8,78 \cdot 10^3$, во второй $E_k = 11,67 \cdot 10^3$, и в третьей $E_k = 13,15 \cdot 10^3$ МПа. Каждая партия состояла из двух серий. При этом в первой серии $l_{анк} = 17,5d_s$, во второй $l_{анк} = 22,5d_s$. В качестве анкеров в этих партиях использовались арматурные стержни класса А500С диаметром 16 мм.

В четвертой, пятой и шестой партиях изменялась толщина клеевого слоя соответственно и диаметр скважины в бетонном образце.

В этом случае величина l_1 образцов анкерных соединений, подготовленных к испытаниям по определению ползучести клеевого анкера, была соответственно равна для четвертой партии $l_1 = 20$, для пятой $l_1 = 18$, для шестой $l_1 = 16$, где $l_1 = l_{анк} / r_{скв}$; $r_{скв}$ – радиус скважины в бетонном образце.

Каждая партия образцов состояла из двух серий. При этом в первой серии диаметр арматурного стержня был равен 12, а во второй 16 мм. В данной партии использовался модифицированный клей с модулем упругости $E_k = 8,78 \cdot 10^3$ МПа, а глубина заделки стержней соответственно была равна $l_{анк} = 17,5d_s$. Длительное выдергивающее усилие, прикладываемое к заделанным арматурным стержням в бетон, принималось равным $P_{выд.дл} = A_s \cdot \sigma_s$. Эти усилия были равны 50,9 кН для арматуры диаметром $d_s = 12$ мм и 90,5 кН – для $d_s = 16$ мм.

Согласно рекомендациям [10] испытания продолжались в течение 300 суток. После приложения длительно действующего выдергивающего усилия индикаторами измеряли смещение (сдвиг) незагруженного конца анкера с точностью отсчета 0,001 мм. Регистрацию величин смещений и деформаций анкера в первые сутки проводили через каждый час, в последующие: 12 суток – через 8 часов, 187 суток – через 24 часа, 100 суток – через 72 часа. В течение 300 суток разрушения образцов клеевой анкеровки не наблюдалось.

Как указывалось выше, экспериментальные исследования деформативности клеевого анкера проводились для глубин заделки $l_{анк} = 17,5d_s$ и $l_{анк} = 22,5d_s$ при различных модулях упругости акрилового клея, и различных толщинах клеевого слоя (диаметров скважин) и диаметрах арматурного стержня.

Результаты экспериментов, представленные на графиках рис. 5 и 6, свидетельствуют о том, что деформативность клеевой анкеровки имеет четко выраженные три этапа.

Первый этап характеризуется интенсивным ростом сдвиговых деформаций клеевого слоя. Для первой партии образцов этот этап составил 30 суток, для второй – до 20 суток и для третьей – до 30 суток.

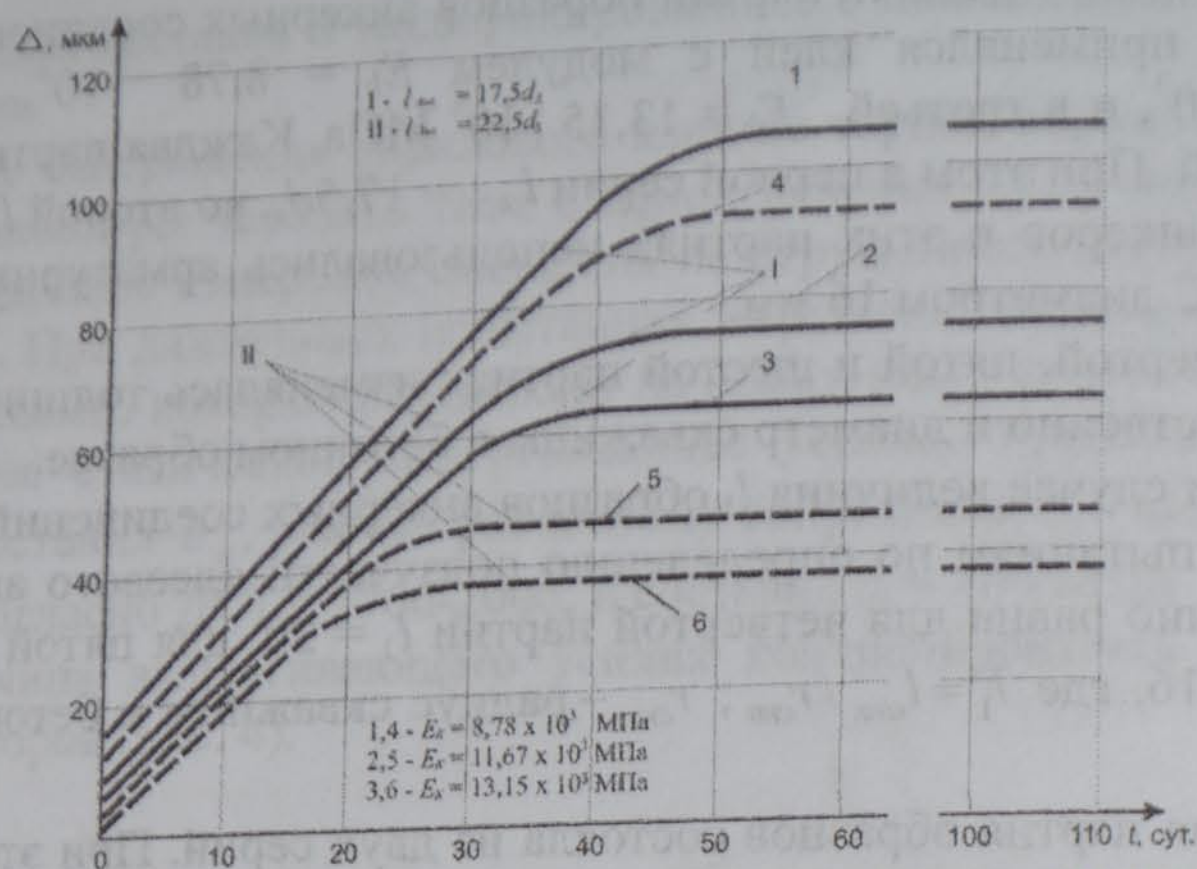


Рис. 5. Зависимость деформативности клеевого анкера при длительном нагружении от $l_{\text{анк}}$ и E_k

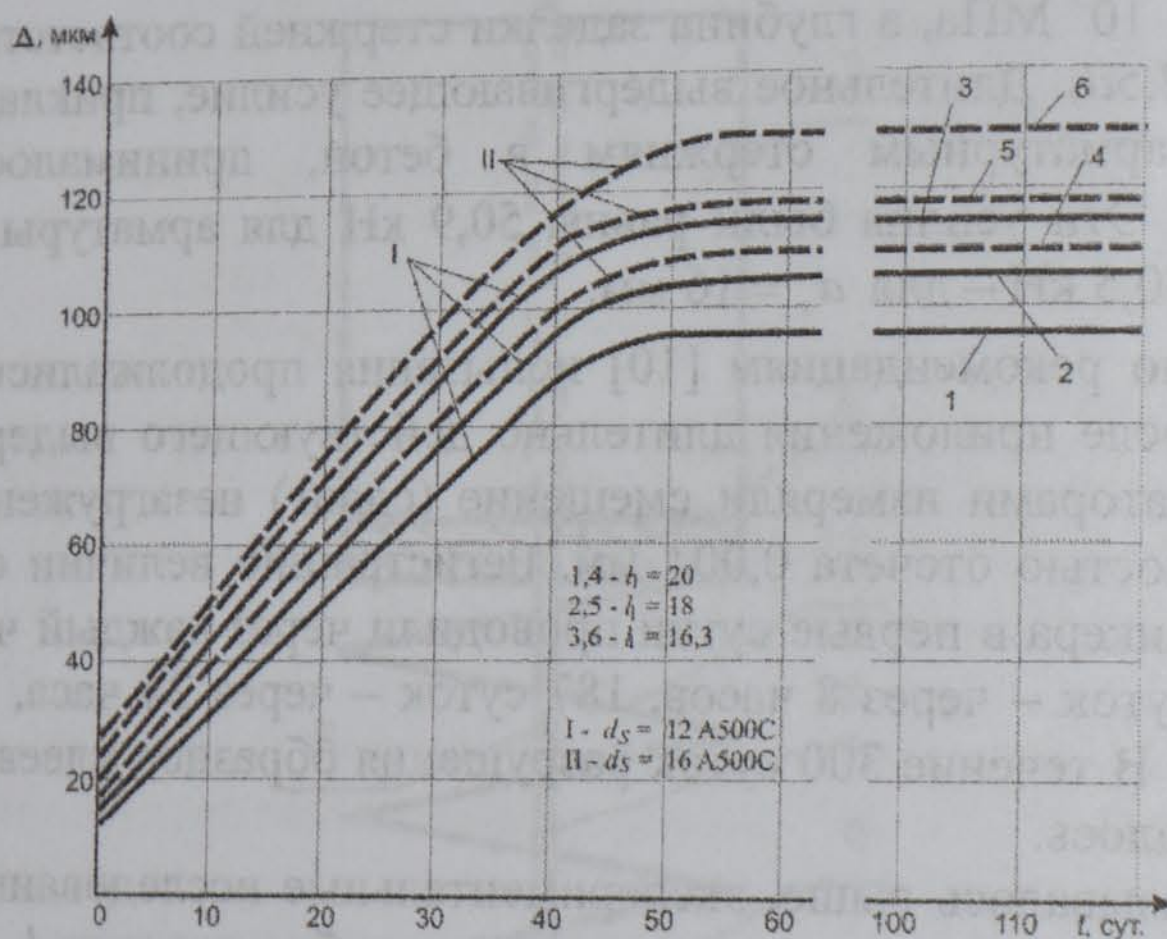


Рис. 6. Зависимость деформативности клеевого анкера при длительном нагружении от величины l_1 и диаметра стержня d_s

Второй этап характеризуется спадом среднесуточных деформаций. Для первой партии образцов он составил до 40, для второй – до 30 и для третьей – до 20 суток.

Третий этап характеризуется отсутствием роста сдвиговых деформаций (в пределах точности измерений).

Предельная величина деформаций для $l_{\text{анк}} = 17,5d_s$ при $E_k = 8,78 \cdot 10^3$ МПа составила 0,106; при $E_k = 11,67 \cdot 10^3$ МПа – 0,078 и при $E_k = 13,15 \cdot 10^3$ МПа – 0,062 мм. В случае заделки арматурных стержней в

бетон на глубину $l_{анк} = 22,5d_s$ эти деформации были соответственно равны 0,088; 0,053 и 0,039 мм.

Эксперименты показали, что на деформативность клеевого анкера оказывают влияние глубина его заделки и модуль упругости акрилового клея, который зависит от количества наполнителя (кварцевого песка) в нем.

Результаты испытаний четвертой, пятой и шестой партий показали следующее. Деформативность анкерного соединения зависит от толщины клеевого слоя (диаметра отверстия в бетоне). Во всех случаях деформации носят затухающий характер и стабилизируются в течение 35...45 суток. При этом деформативность клеевого анкера зависит от диаметра арматурного стержня. Так, в случае использования в соединении арматурного стержня $d_s = 12A500C$ максимальная деформативность составила 0,094 мм для $l_1 = 20$ ($d_{отв} = 18$ мм; $\delta_{кл} = 3$ мм); 0,102 мм для $l_1 = 18$ ($d_{отв} = 20$ мм; $\delta_{кл} = 4$ мм) и 0,112 мм для $l_1 = 16$ ($d_{отв} = 21$ мм; $\delta_{кл} = 5$ мм). Для клеевых анкеров с арматурным стержнем диаметром $d_s = 16A500C$ эти деформации были равны: 0,106 мм для $l_1 = 20$ ($d_{отв} = 24$ мм; $\delta_{кл} = 4$ мм); 0,118 мм для $l_1 = 18$ ($d_{отв} = 27$ мм; $\delta_{кл} = 5,5$ мм) и 0,131 мм для $l_1 = 16$ ($d_{отв} = 30$ мм; $\delta_{кл} = 7$ мм).

Анализ результатов экспериментов позволяет сделать следующие выводы. В пределах принятой интенсивности длительно действующих нагрузок ползучесть клеевого анкера имеет затухающий характер. При этом существенное влияние на величину деформативности клеевого анкера оказывает глубина заделки стержня, модуль упругости клея, а также толщина клеевого слоя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шутенко Л.Н. Кратковременная прочность анкеровки арматурных стержней модифицированными акриловыми клеями / Л.Н. Шутенко, М.С. Золотов, А.О. Гарбуз // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. праць. – Рівне: РДТУ, 2001. – Вип. 7. – С.238-243.
2. Шутенко Л.Н. Влияние некоторых факторов на длительную прочность и деформативность анкеровки арматурных стержней периодического профиля / Л.Н. Шутенко, М.С. Золотов, А.О. Гарбуз // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. праць. – Рівне: РДТУ, 2003. – Вип. 10. – С. 178-183.
3. Фам Минь Ха. Длительная прочность и напряженно-деформированное состояние анкеровки арматурных стержней периодического профиля акриловыми клеями: дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / Фам Минь Ха. – Харьков, 2000. – 162 с.

4. Шмуклер В.С. Каркасные системы облегченного типа / В.С. Шмуклер, Ю.А. Климов, Н.П. Бурак. – Х.: Золотые страницы, 2008. – 336 с.
5. Бабич Н.М. Анкеровка в бетоне арматуры серповидного профиля Е.М. Бабич, Е.Е. Поляновская, А.Е. Чапук // Проблемы современного бетона и железобетона: материалы Третьего междунар. симпозиума. – Минск: Минсктиппроект, 2011. – Том 1. – С. 37-45.
6. Шутенко Л.Н., Прочность анкеровки арматуры класса А500С акриловыми клеями / Л.Н. Шутенко, М.С. Золотов, Р.Б. Ткаченко // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. праць. – Рівне, 2008. – Вип. 16, Ч. 2. – С. 410-417.
7. Шутенко Л.Н. Длительная прочность анкеровки арматуры класса А500С акриловыми клеями / Л.Н. Шутенко, М.С. Золотов, Р.Б. Ткаченко // Науковий вісник будівництва: Харківський державний технічний університет будівництва та архітектури. ХОТВ АБУ, 2008. – С. 110-114.
8. Распределение напряжений в бетоне при клеевой анкеровке арматурного стержня серповидного профиля класса А500С / [С.М. Золотов, Э.А. Шишкин, В.А. Скляров, А.О.Гарбуз] // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. праць. – Ровно, 2012. – Вип. 24. – С. 135-140.
9. Золотов С.М. Акриловые клеи для усиления, восстановления и ремонта бетонных и железобетонных конструкций / С.М. Золотов // Будівельні конструкції: зб. наук. праць. – К.: НДІБК, 2003. – Вип. 59. – С. 440-447.
10. Справочник по клеям и клеящим мастикам в строительстве. – М.: Стройиздат, 1984. – 240 с.

Статья поступила в редакцию 12.03.2013 г.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шутенко Л.Н. Каркасные системы облегченного типа / В.С. Шмуклер, Ю.А. Климов, Н.П. Бурак. – Х.: Золотые страницы, 2008. – 336 с.
2. Бабич Н.М. Анкеровка в бетоне арматуры серповидного профиля Е.М. Бабич, Е.Е. Поляновская, А.Е. Чапук // Проблемы современного бетона и железобетона: материалы Третьего междунар. симпозиума. – Минск: Минсктиппроект, 2011. – Том 1. – С. 37-45.
3. Шутенко Л.Н., Прочность анкеровки арматуры класса А500С акриловыми клеями / Л.Н. Шутенко, М.С. Золотов, Р.Б. Ткаченко // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. праць. – Рівне, 2008. – Вип. 16, Ч. 2. – С. 410-417.
4. Шутенко Л.Н. Длительная прочность анкеровки арматуры класса А500С акриловыми клеями / Л.Н. Шутенко, М.С. Золотов, Р.Б. Ткаченко // Науковий вісник будівництва: Харківський державний технічний університет будівництва та архітектури. ХОТВ АБУ, 2008. – С. 110-114.
5. Распределение напряжений в бетоне при клеевой анкеровке арматурного стержня серповидного профиля класса А500С / [С.М. Золотов, Э.А. Шишкин, В.А. Скляров, А.О.Гарбуз] // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. праць. – Ровно, 2012. – Вип. 24. – С. 135-140.
6. Золотов С.М. Акриловые клеи для усиления, восстановления и ремонта бетонных и железобетонных конструкций / С.М. Золотов // Будівельні конструкції: зб. наук. праць. – К.: НДІБК, 2003. – Вип. 59. – С. 440-447.
7. Справочник по клеям и клеящим мастикам в строительстве. – М.: Стройиздат, 1984. – 240 с.